

DERWENT-ACC-NO: 1990-186606

DERWENT-WEEK: 199025

COPYRIGHT 2005 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Micro-mechanical unit with toothed disc located rotatable on substrate - rotated directly by thermo-mechanical drive to give micro-mechanical motor suitable for micro-robotics and medical engineering

PATENT-ASSIGNEE: FRAUNHOFER-GES FORD ANGE[FRAU]

PRIORITY-DATA: 1988DE-3844669 (December 9, 1988) , 1988DE-3841557 (December 9, 1988)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
DE 3844669 A	June 13, 1990	N/A	000	N/A
WO 9006587 A	June 14, 1990	N/A	000	N/A

DESIGNATED-STATES: JP US AT BE CH DE ES FR GB IT LU NL SE

CITED-DOCUMENTS: EP 45250; JP 59150983 ; US 4423401

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
DE 3844669A	N/A	1988DE-3844669	December 9, 1988

INT-CL (IPC): B25J007/00

RELATED-ACC-NO: 1990-186502

ABSTRACTED-PUB-NO: DE 3844669A

BASIC-ABSTRACT:

The toothed disc (23) is rotated about an axis vertical to the substrate surface. Two manipulator arms (21,22) at least, are provided with sections, which carry out linear movements in a plane parallel to the substrate surface, for the rotation of the toothed disc on the substrate surface. The substrate consists of a silicon wafer and the toothed disc of silicon or a silicon compound. Each manipulator arm is constructed of two layers one arranged above the other of different materials having different thermal coefficients of expansion. A heating element is provided for each manipulator arm, and each arm has a first section, which is connected fixed to the substrate surface, and a second loose section arranged at a small distance parallel to the substrate surface, such that the

substrate surface reproduces a mechanical resistance for the loose section of the manipulator arm. The loose sections of the manipulator arms are designed as hooks (24) which react on the teeth (25) of the toothed disc.

USE/ADVANTAGE - Micromechanical unit. Drive works directly on toothed disc.

TITLE- MICRO MECHANICAL UNIT TOOTH DISC LOCATE ROTATING SUBSTRATE ROTATING
TERMS: THERMO MECHANICAL DRIVE MICRO MECHANICAL MOTOR SUIT MICRO ROBOT MEDICAL
ENGINEERING

DERWENT-CLASS: P62 S05 U12

EPI-CODES: S05-B; U12-B03X;

SECONDARY-ACC-NO:

Non-CPI Secondary Accession Numbers: N1990-145141

①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑪ **DE 3844669 A 1**

⑤① Int. Cl. 5:
B25J 7/00
// A61B 17/22

②① Aktenzeichen: P 38 44 669.3
②② Anmeldetag: 9. 12. 88
④③ Offenlegungstag: 13. 6. 90

DE 3844669 A 1

⑦① Anmelder:
Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der
angewandten Forschung eV, 8000 München, DE

⑥② Teil aus: P 38 41 557.7

⑦② Erfinder:
Benecke, Wolfgang, Dipl.-Phys. Dr.-Ing., 1000 Berlin,
DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Mikromechanische Einrichtung

Beschrieben wird eine mikromechanische Einrichtung mit einer auf einem Substrat drehbar gelagerten Zahnscheibe. Bei bekannten Einrichtungen wird eine drehbar gelagerte Zahnscheibe zum Beispiel mit Hilfe eines von außen zugeführten Luftstromes bewegt, weil ein direkter Antrieb fehlt. Die erfindungsgemäße Einrichtung weist eine Zahnscheibe auf, die unmittelbar durch einen thermomechanischen Antrieb gedreht wird. Damit steht ein mikromechanischer Motor zur Verfügung, der sich beispielsweise für den Einsatz in der Mikrorobotik und der Medizintechnik eignet.

DE 3844669 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine mikromechanische Einrichtung mit einer auf einem Substrat drehbar gelagerten Zahnscheibe. Mikroskopisch kleine, drehbare Zahnscheiben und Zahnräder sollen künftig beispielsweise im Bereich der medizinischen Robotik eingesetzt werden. Es wird daran gedacht, miniaturisierte Werkzeuge, die durch solche Zahnräder angetrieben werden, durch die Blutbahnen an erkrankte Organe heranzuführen.

Aus mehreren Veröffentlichungen, beispielsweise in der Patentschrift der US 47 40 410, oder in der Veröffentlichung "Micro gears and Turbines etched from silicon" (Sensors and Actuators, 12, (1987), S. 341 — 348) sind bewegbare mikromechanische Elemente wie Gelenke, Turbinenräder oder Zahnscheiben bekannt. Bisher fehlt allerdings ein unmittelbarer Antrieb, der die Elemente in Bewegung versetzt. Bei den bekannten Einrichtungen werden die bewegbaren Elemente beispielsweise mit einem von außen zugeführten Luftstrom angetrieben. Diese Art des Antriebes ist für sehr langsame Drehbewegungen ungeeignet. Darüber hinaus muß mit einer solchen Einrichtung auch die Luftzu- und Luftabfuhr zum Einsatzort mitgeführt werden. Die Ankopplung der Luftzu- und Luftabfuhr an die mikromechanische Einrichtung kann nur schwer stabil bewerkstelligt werden.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gattungsgemäße mikromechanische Einrichtung so weiterzubilden, daß der Antrieb unmittelbar auf die Zahnscheibe wirkt.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zur Drehung der Zahnscheibe auf der Substratoberfläche wenigstens zwei Manipulatorarme mit Bereichen, die Linearbewegungen in einer Ebene parallel zur Substratoberfläche ausführen, vorgesehen sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Fertigungstechnische Vorteile bietet die Ausgestaltung nach Anspruch 2, da hier in der Mikroelektronik übliche Ausgangsmaterialien verwendet werden.

Gemäß Anspruch 3 weist die Einrichtung besonders einfach herstellbare Manipulatorarme auf, die nach dem Prinzip des Bimaterial-Effektes funktionieren. Durch die Geometrie und Anordnung der Schichtenfolge und der Zungenform führt eine Temperaturerhöhung der Zunge zu einer linearen Bewegung des losen Zungenendes in der Ebene der Substratoberfläche, die in eine Drehbewegung der Zahnscheibe überführt wird.

Nach Anspruch 4 wird die substratnähere Schicht des Manipulatorarmes aus Polysilizium und die substratfernere Schicht aus Metall gefertigt. Metall, z.B. Gold besitzt einen wesentlich höheren thermischen Ausdehnungskoeffizienten als Poly-Silizium. Die Kombination dieser beiden Materialien bewirkt einen stark ausgeprägten Bimaterial-Effekt. Als Heizelement dienen nach Anspruch 5 elektrische Widerstände, die auf oder zwischen den Schichten der Manipulatorarme angebracht werden. Besonders vorteilhaft ist eine Ausgestaltung, bei welcher nach Anspruch 6 eine oder beide Schichten des Manipulatorarmes als Heizwiderstand dienen.

In der Ausgestaltung nach Anspruch 7 sind die losen Enden der zungenförmigen Manipulatorarme als Haken ausgebildet, die bei der Linearbewegung in der Ebene der Substratoberfläche auf die Zähne der Zahnscheibe einwirken. Die Manipulatorarme sind tangential um die Zahnscheibe angeordnet und drehen die Zahnscheibe alternierend um einen bestimmten Scheibensektor wei-

ter.

Gemäß Anspruch 8 weist die Zahnscheibe sechs Zähne auf, wobei die Geometrie der Zähne und der Manipulatorarme so aufeinander abgestimmt sind, daß die Zahnscheibe bei einem Bewegungszyklus eines Manipulatorarmes um 30° weitergedreht wird.

Wie in Anspruch 9 gekennzeichnet, werden alle Elemente des mikromechanischen Manipulators auf einen Halbleiterchip integriert. Auf demselben Chip können bei dieser Ausgestaltung auch die Stromversorgung für die Heizelemente und weitere elektronische Schaltungen integriert werden.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile liegen insbesondere darin, daß eine in einer Substratoberfläche drehbar angeordnete Zahnscheibe ohne externen Antrieb gedreht werden kann. Damit wird ein einfacher mikromechanischer Motor zur Verfügung gestellt der mit einem thermomechanischen Antrieb ausgestattet ist. Die für den Betrieb notwendige thermische Energie kann beispielsweise elektrisch zugeführt werden, wofür nur elektrische Zuführungen erforderlich sind. Die Energie kann aber auch optisch mit Hilfe eines gebündelten Lichtstrahles übertragen werden. Die erfindungsgemäße Einrichtung kann vorteilhaft in der Mikrorobotik, in der Medizintechnik und als Werkzeug zur Herstellung mikromechanischer Elemente eingesetzt werden.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Zeichnungen näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 Schematische Darstellung eines mikromechanischen Manipulators

- a) im Grundriß;
- b) Schnitt durch den Manipulator bei nicht geheiztem Manipulatorarm;
- c) Schnitt durch den Manipulator bei geheiztem Manipulatorarm;

Fig. 2 Schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Einrichtung, wobei in Fig. 2A — Fig. 2E der Bewegungsablauf für eine Drehung der Zahnscheibe um einen Winkel von 60° dargestellt ist.

In Fig. 1 ist ein mikromechanischer Manipulator dargestellt, der als thermo-mechanischer Antrieb der Zahnscheibe dient.

Als Substrat 1 dient ein Quader, der aus einem Siliziumwafer gefertigt ist. Länge und Breite des Quaders betragen einige hundert Mikrometer, die Dicke entspricht der Waferdicke von 500 µm.

Der Manipulatorarm ist aus einer T-förmig ausgebildeten, etwa 0,5 µm starken Platte 2 aus Poly-Silizium und einer Metall-Schicht 3 (z.B. aus Gold) etwa derselben Stärke zusammengesetzt. Die Metallschicht bedeckt teilweise den langgestreckten Teil der T-förmigen Platte, beide sind fest miteinander verbunden.

Im Bereich des Querstückes 4 ist die Platte 2 über eine etwa 0,5 µm dünne Zwischenschicht 5 fest mit der Substratoberfläche verbunden. Das Längsstück 6 der T-förmigen Platte ist lose.

Die Materialien der Platte und der Schicht sind so gewählt, daß die Auslenkung des Manipulatorarmes bei Temperaturerhöhung in Richtung der Substratoberfläche erfolgt. Entscheidend für die Funktion des Manipulators ist, daß dieser Bewegung senkrecht zur Substratoberfläche ein mechanischer Widerstand entgegenwirkt. Das Auftreten des mechanischen Widerstandes führt zu einer Wölbung des Manipulatorarmes und zu

einer Bewegung des freien Endes des Manipulatorarmes entlang der Oberfläche in Richtung des festen Endes. Diese Bewegung ist durch Pfeile in Fig. 1a und Fig. 1c angedeutet.

Bei Abkühlung des Manipulatorarmes verläuft die Bewegung entlang der Oberfläche in entgegengesetzter Richtung.

In Fig. 2 ist eine erfindungsgemäße Einrichtung schematisch dargestellt, bei der zwei Manipulatorarme als Antrieb für eine bewegbare Zahnscheibe dienen. Die beiden Manipulatorarme 21, 22, sind tangential zu der Zahnscheibe 23 angeordnet und schließen einen Winkel von 90° ein. Die losen Enden der Manipulatorarme sind als Haken 24 ausgebildet und können auf die Zahnscheibe einwirken. Die Zahnscheibe weist sechs stiftförmige Zähne 25 auf, deren Länge so gewählt ist, daß ein Manipulatorarm nur dann auf einen Zahn einwirken kann, wenn dieser in etwa in Richtung des Manipulatorarmes weist.

Fig. 2A zeigt die Ausgangslage; beide Manipulatorarme sind gestreckt, der mit einer Pfeilspitze bezeichnete Zahn der Zahnscheibe weist auf den Manipulatorarm 21.

Durch Erwärmung des Manipulatorarmes 21 bewegt sich dessen zum Haken 24 ausgebildetes, loses Ende entlang der Substratoberfläche und führt den bezeichneten Zahn so lange mit, bis dieser durch die Drehbewegung der Zahnscheibe aus dem Einflußbereich des Armes gedreht ist. Wie in Fig. 2B dargestellt, weist nach dieser Drehbewegung ein anderer Zahn auf den Manipulatorarm 22. Durch Abkühlung nimmt der Manipulatorarm 21, wie in Fig. 2C gezeigt, seine Ausgangsstellung ein, ohne die Zahnscheibe zu bewegen.

In einem nächsten Schritt, dessen Ergebnis in Fig. 2D dargestellt ist, wird die Zahnscheibe durch Einwirkung des Manipulatorarmes 22 ein weiteres Stück gedreht. Nach Abkühlung des Armes ist die Grundstellung wieder erreicht, mit dem Unterschied, daß die Zahnscheibe um 60° gedreht ist (Fig. 2F). Durch kontinuierliches Durchlaufen der beschriebenen Schritte wird die Zahnscheibe in Rotation versetzt.

Durch Anbringen mehrerer Manipulatorarme und Zähne werden höhere Drehgeschwindigkeiten der Scheibe und ein besserer Gleichlauf erreicht.

In einer nicht näher ausgeführten Weiterbildung dient die erfindungsgemäße Einrichtung als Blende für Teilchen- oder Lichtstrahlen mit wählbarer Blendenöffnung. Die Zahnscheibe 23 ist mit Blendenöffnungen unterschiedlicher Durchmesser versehen, die auf einem Kreis um den Scheibenmittelpunkt angeordnet sind. Im selben Abstand vom Scheibenmittelpunkt weist das Substrat eine Öffnung auf, die durch Drehung der Scheibe mit einer Blendenöffnung von gewünschtem Durchmesser zur Deckung gebracht wird.

Bei einer weiteren Ausführung werden an der Zahnscheibe beispielsweise Schneide- oder Fräswerkzeuge angebracht, so daß sich die Einrichtung zur Materialbearbeitung eignet.

Die Drehbewegungen einer oder mehrerer Zahnscheiben werden bei einer vorteilhaften Ausbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung wieder in Translationsbewegungen umgesetzt. Die Zähne der Zahnscheibe greifen in die Zähne einer gezahnten Rechteckplatte und verschieben diese Platte in der Substratoberfläche. Dadurch sind Translationen über Entfernungen erreichbar, die die Verschiebung eines Manipulatorarmes um ein Vielfaches übertrifft.

Alle beschriebenen Ausführungen eignen sich zur

Herstellung mit den üblichen Verfahren der Mikrostrukturtechnik und Mikroelektronik. Dadurch können auf einem Chip sowohl die mikromechanische Einrichtung als auch eine erforderliche Steuer- oder Auswertelektronik integriert werden. Auf einem Wafer können während eines Herstellungsprozesses gleichzeitig mehrere identische mikromechanische Einrichtungen hergestellt werden.

Patentansprüche

1. Mikromechanische Einrichtung mit einer auf einem Substrat drehbar gelagerten Zahnscheibe, die um eine Achse senkrecht zur Substratoberfläche drehbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß zur Drehung der Zahnscheibe auf der Substratoberfläche wenigstens zwei Manipulatorarme mit Bereichen, die Linearbewegungen in einer Ebene parallel zur Substratoberfläche ausführen, vorgesehen sind.
2. Mikromechanische Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat aus einem Siliziumwafer und die Zahnscheibe aus Silizium oder einer Siliziumverbindung besteht.
3. Mikromechanische Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Manipulatorarm aus zwei übereinander angeordneten Schichten unterschiedlicher Materialien, mit verschiedenen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufgebaut ist, daß für jeden Manipulatorarm ein Heizelement vorgesehen ist, und daß jeder Manipulatorarm einen ersten Bereich, der fest mit der Substratoberfläche verbunden ist und einen zweiten, losen Bereich aufweist und in geringem Abstand parallel zur Substratoberfläche derart angeordnet ist, daß die Substratoberfläche einen mechanischen Widerstand für den losen Bereich des Manipulatorarmes darstellt.
4. Mikromechanische Einrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die substratnähere Schicht des Manipulatorarmes aus Polysilizium und die darüber angeordnete Schicht aus Metall besteht.
5. Mikromechanische Einrichtung nach den Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Heizelemente als elektrische Widerstände ausgebildet sind und auf oder zwischen den Schichten der Manipulatorarme angeordnet sind.
6. Mikromechanische Einrichtung nach den Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß eine oder beide Schichten des Manipulatorarmes als Heizwiderstand ausgebildet sind.
7. Mikromechanische Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Substratoberfläche zwei Manipulatorarme tangential um die drehbar gelagerte Zahnscheibe angeordnet sind und daß die losen Bereiche der Manipulatorarme als Haken ausgebildet sind, die auf die Zähne der Zahnscheibe einwirken.
8. Mikromechanische Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Zahnscheibe sechs gleichmäßig über den Umfang der Scheibe verteilte Zähne aufweist, deren Länge so gewählt ist, daß ein Manipulatorarm nur dann auf einen Zahn einwirken kann, wenn dieser in etwa in Richtung des Manipulatorarmes weist.
9. Mikromechanische Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß alle Elemente der mikromechanischen Einrichtung

in einem Halbleiterchip integriert sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

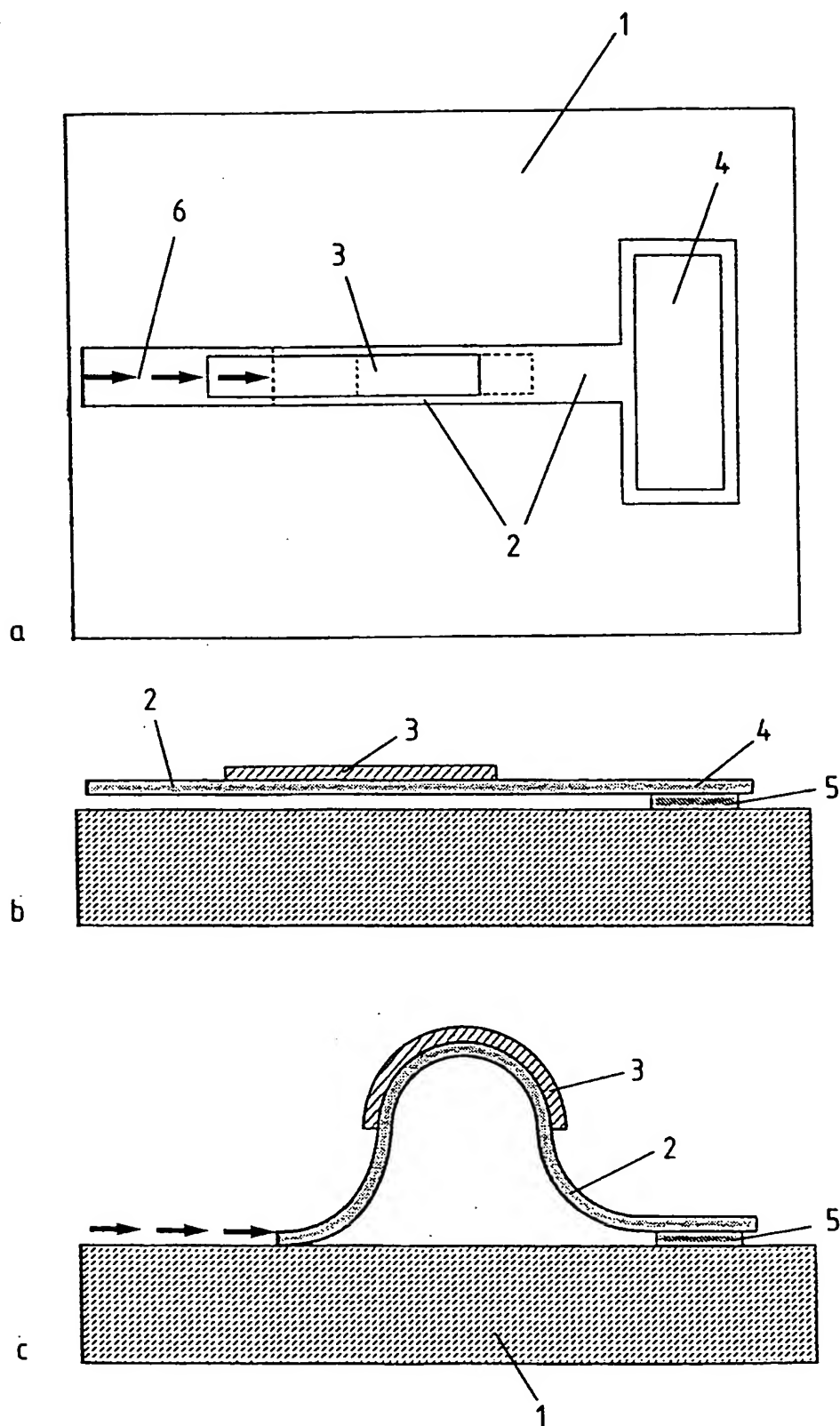


Fig. 1

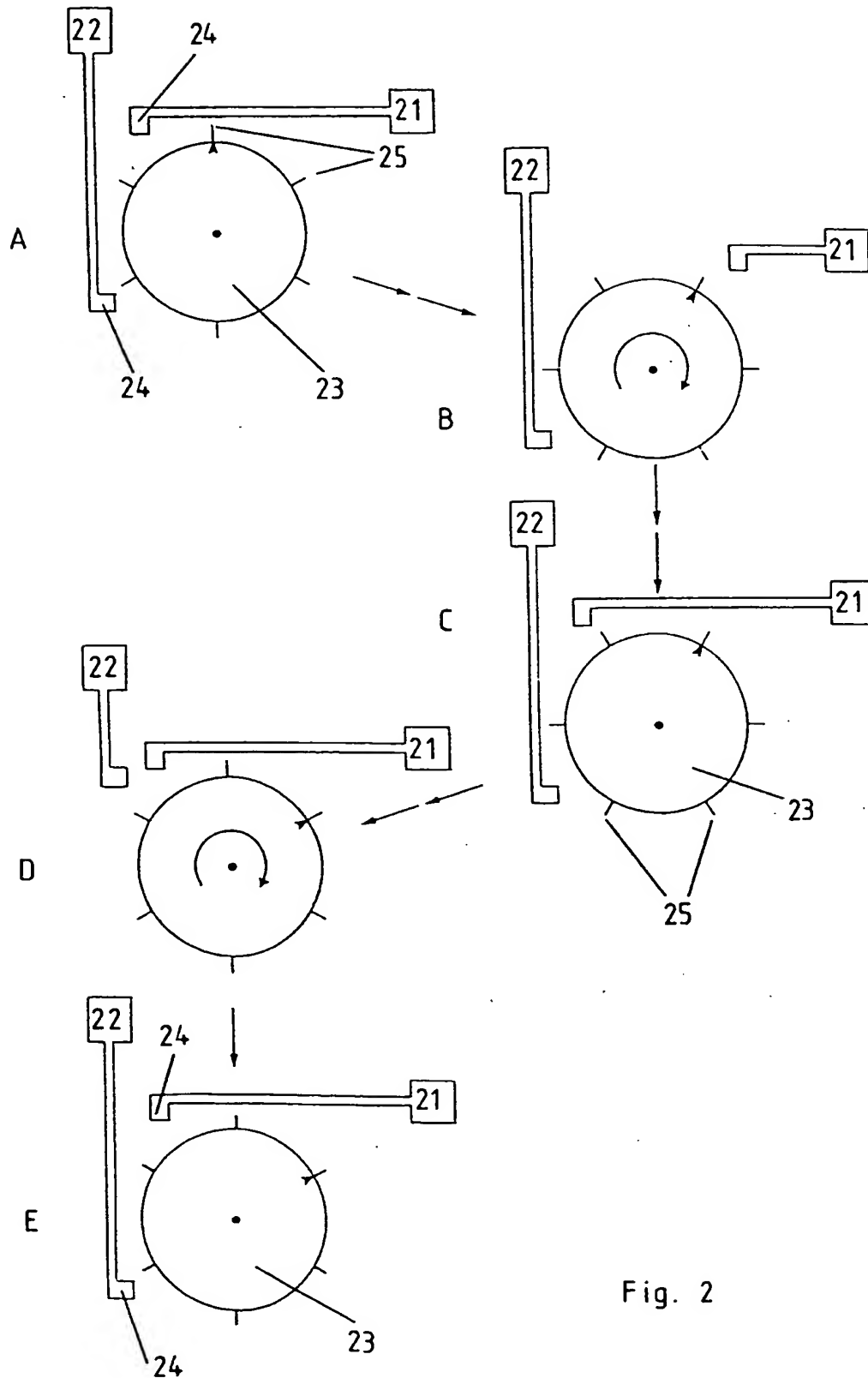


Fig. 2